



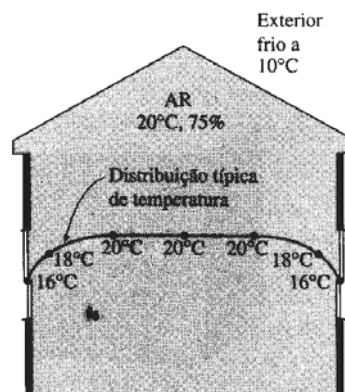
EXERCÍCIOS – PSICROMETRIA

Quantidade de vapor de água no ar ambiente

1. Uma sala com 5m x 5m x 3m contém ar a 25°C e 100kPa com uma humidade relativa de 75%. Determine:
 - a) Pressão parcial do ar seco (97,62kPa).
 - b) Humidade absoluta do ar (0,0152 kg água/ kg ar seco).
 - c) Entalpia por unidade de massa de ar seco (63,8kJ/kg ar seco).
 - d) Massas de ar seco e de vapor de água na sala (85,61kg; 1,3kg).

Embaciamento das janelas de uma casa

2. Considere uma casa, tal como se mostra na figura, com ar a 20°C e 75% de humidade relativa. A que temperatura da janela se iniciará a condensação de humidade do ar nas faces interiores dos vidros? (15,3°C)



Humidade absoluta e relativa do ar

3. As temperaturas do termómetro de bolbo seco e bolbo húmido do ar atmosférico a 1atm (101,324kPa) de pressão foram, respectivamente, 25°C e 15°C. Determine:
 - a) Humidade absoluta (0,00653kg água/kg ar seco).
 - b) Humidade relativa (33,2%).
 - c) Entalpia do ar (41,8kJ/kg ar seco).
4. Determine a humidade específica a 30°C e a 9°C nas condições de saturação (0,0276kg água/kg ar seco).



Climatização e Refrigeração



5. Determinar a humidade específica a 30°C , com uma humidade relativa de 40% ($0,0107 \text{ kg água/kg ar seco}$).
6. Ar atmosférico encontra-se a 28°C e 30% de humidade relativa. Nestas condições determine:
 - a) Pressão parcial do vapor e a temperatura de orvalho ($0,0113\text{bar}$; $8,8^{\circ}\text{C}$).
 - b) Volume específico da mistura ($0,867\text{m}^3/\text{kg}$).
 - c) Humidade específica ($0,0071 \text{ kg água/kg ar seco}$).
7. Metano é produzido num biodigestor húmido fechado e anaeróbico, à pressão atmosférica e à temperatura de 35°C . O gás é distribuído por uma rede de tubagens, que se encontra à temperatura de 10°C . Nestas condições, qual o caudal de condensados por m^3 de metano produzido ($0,0357\text{kg}/\text{m}^3 \text{ CH}_4$).
8. Ar atmosférico admitido a 15°C e 75% de humidade relativa é comprimido até aos 7bar, sendo seguidamente distribuído em tubagens de aço a uma temperatura de cerca de 15°C . Nestas condições, determine:
 - a) Caudal de condensados.
 - b) Temperatura de saída do compressor, admitindo evolução adiabática (562K).
9. Ar a 9°C e 80% de humidade relativa é aquecido até aos 25°C . Determine:
 - a) Humidade específica e relativa inicial e final ($0,0058 \text{ kg água/kg ar seco}$; 29%).
 - b) Volume específico inicial e final ($0,812\text{kg}/\text{m}^3$; $0,858\text{kg}/\text{m}^3$).
 - c) Energia necessária ($16,25\text{kJ}/\text{kg}$).
10. Propano, de poder calorífico igual a $24200\text{kcal}/\text{m}^3$, é misturado numa central de ar propanado com ar atmosférico a 15°C e 50% de humidade relativa, na proporção de 40% de propano e 60% de ar. Posteriormente, a mistura é comprimida para os 2bar sendo arrefecida para 5°C numa rede de distribuição. Analise se há condensação.



Climatização e Refrigeração



Utilização do diagrama psicrométrico

11. Considere uma sala que contém ar a 1atm, 35°C e 40% de humidade relativa. Recorrendo ao diagrama psicrométrico, determine:
- Humidade absoluta.
 - Entalpia (kJ/kg de ar seco).
 - Temperatura de bolbo húmido.
 - Temperatura de orvalho.
 - Volume específico (m^3/kg).

Aquecimento e humedificação do ar

12. Um sistema de ar condicionado deverá captar ar exterior a 10°C e 30% de humidade relativa, a um caudal constante de $45\text{m}^3/\text{min}$, e alterá-lo para 25°C e 60% de humidade relativa. O ar exterior é primeiramente aquecido a 22°C, na zona de aquecimento, e depois humedificado por injeção de vapor quente. Considerando que a totalidade do processo ocorre à pressão de 100kPa, determine:
- Taxa de fornecimento de calor na zona de aquecimento (673,4kJ/min).
 - Caudal mássico de vapor que é exigido na zona de humedificação (0,539kg/min).
13. Ar retirado ao exterior a 5°C e 90% de humidade relativa é aquecido até aos 22°C. Calcule:
- Humidade relativa final (29,6%).
 - Caudal de ar necessário para remover uma carga térmica de 10kW ($1651\text{m}^3/\text{h}$).

Arrefecimento e desumidificação do ar

14. Ar atmosférico a 35°C e 40% de humidade relativa é arrefecido numa unidade de tratamento de ar (UTA), passando por uma bateria que se encontra à temperatura média de 9°C. Considere que o ar sai da UTA a 9°C. Determine:
- Humidade relativa à saída (100%).
 - Humidade específica à saída (0,0072 kg água/kg ar seco).
 - Energia retirada na bateria (44,3kJ/kg).
 - Caudal de água condensada por m^3 de ar seco (0,00873 kg água/ m^3 ar seco).



Climatização e Refrigeração



15. Num aparelho de ar condicionado de janela entra ar a 1atm, 30°C e 80% de humidade relativa, com um caudal de 10m³/min, e sai como ar saturado a 14°C. A humidade do ar que se condensa durante o processo é também removida a 14°C. Determine as taxas de remoção de calor e humidade do ar (511kJ/min).
16. Ar retirado ao exterior (32°C, 30%) é arrefecido até à sua temperatura de condensação. Determine:
- Humidade relativa final e a temperatura de condensação (95%; 13°C).
 - Potência de arrefecimento por kg/h de ar que passa na bateria (- 19kW/kg).

Mistura de ar condicionado com ar exterior

17. Num sistema de ar condicionado sai ar da zona de arrefecimento saturado, a 14°C e com um caudal de 50m³/min. Este é misturado adiabaticamente com 20m³/min de ar exterior a 32°C e 60% de humidade relativa. Considerando que o processo da mistura ocorre à pressão de 1atm, determine para a mistura:
- Humidade absoluta (0,0122 kg água/kg ar seco).
 - Humidade relativa (89%).
 - Temperatura de bolbo seco (19°C).
 - Caudal volúmico (70,1m³/min).
18. Obtenha as condições de humidade relativa à entrada (1), num processo de humidificação adiabática, considerando que o ar entra a 32°C e sai do processo a 21°C e 100% de humidade relativa. Admita um processo adiabático em que a água de humidificação está a 21°C (40%).

Arrefecimento de uma central térmica por uma torre de arrefecimento

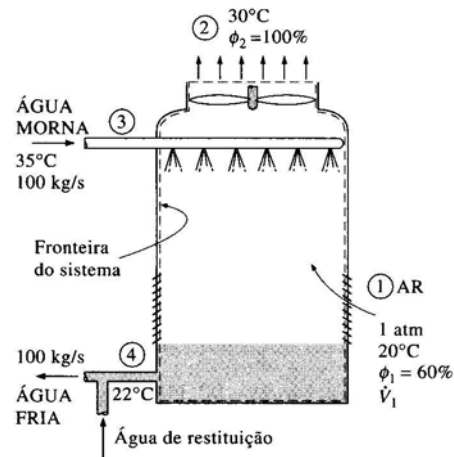
19. Numa torre de arrefecimento entra água de arrefecimento proveniente do condensador de uma central térmica a 35°C, com um caudal de 100kg/s. A água é arrefecida na torre para 22°C pelo ar que entra a 1atm, 20°C e 60% de humidade relativa, saindo saturada a 30°C. Desprezando a potência fornecida à ventoinha, determine:



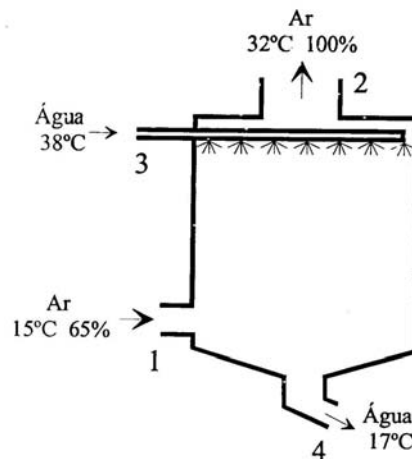
Climatização e Refrigeração



- Caudal volúmico de ar de entrada na torre ($81,6\text{m}^3/\text{s}$).
- Caudal mássico de água de restituição exigido ($1,8\text{kg}/\text{s}$).



20. Uma torre de arrefecimento recebe água a 38°C , arrefecendo-a para os 17°C , à custa de ar que entra a 15°C e 65% de humidade relativa, saindo saturado a 32°C . Nesta condições analise para um caudal de ar de $1100\text{kg}/\text{min}$:
- Massa de água arrefecida ($1340\text{kg}/\text{min}$; $1088\text{kg}/\text{min}$).
 - Percentagem de perdas de água (3%).



21. Para o exercício anterior e para um caudal de $1000\text{m}^3/\text{min}$ de ar a 25°C e 40% de humidade relativa, e de $500\text{l}/\text{min}$ de água a 40°C , quais as condições de saída da água, sabendo que o ar sai a 32°C saturado.